

Univerzita Karlova
3. lékařská fakulta
Klinika rehabilitačního lékařství FNKV

Vztahy mezi vnímáním tělesného schématu a motorickými funkcemi

*Relations among body scheme
awareness and motor functions*

Ing. Jan Procházka

Praha, červenec 2021

Autor práce: Ing. Jan Procházka

Studijní program: Fyzioterapie

Bakalářský studijní obor: Specializace ve zdravotnictví

Vedoucí práce: PhDr. Alena Herbenová

Pracoviště vedoucího práce: Klinika rehabilitačního lékařství, 3. LF UK

Předpokládaný termín obhajoby: září 2021

Abstrakt

Cíl: Cílem studie je prozkoumat koncepty self-image, tělesné schéma, co vše je tvoří, jak je člověk vnímá a jaké vztahy mezi různými částmi vnímání sebe sama a motorickými schopnostmi lze najít. Praktická část je zaměřena na kvantifikování vztahů mezi vybranými částmi tělesného schématu jako jsou polohocit, vnímání tělesných segmentů, jejich proporcí, receptorovou částí řízení pohybu a mezi motorickými funkcemi, jako je koordinace a držení těla.

Metodika: Provedli jsme korelační studii s 18 vyšetřovanými lidmi. Každý člověk absolvoval hodinové vyšetření, měření a následné dotazování. Ke statistickému vyhodnocování jsme využili Shapiro-Wilkova testu normality, korelačního koeficientu Kendall tau-c a Mann-Whitney U testu.

Výsledky: Nalezli jsme statisticky významné korelace při mezi polohocitem horních a dolních končetin ($\tau = 0.38$, $p = 0.031$), věkem a držením těla ($\tau = 0.42$, $p = 0.019$), věkem a rovnováhou ($\tau = 0.35$, $p = 0.026$). Dále jsme zjistili analogie podoby vizualizace osy těla a částí těla, kde se vyskytuje léze.

Závěr: Studie vhlíží do tématu self-image, tělesného schématu, jeho vnímání a vztahů mezi jednotlivými aspekty, snaží se je kvantifikovat a otevírá prostor pro další výzkum na poli souvislostí vnímání tělesného schématu a motorických funkcí.

Klíčová slova: self-image, tělesné schéma, vnímání

Abstract

Goal: Goal of this study is an investigation what is self-image, body scheme, what is it composed with, how a person perceive it and which relations between various parts of self-awareness and motor skill can be found. Practical part is focused on quantitative approach of relations among chosen parts of body scheme such as statesthesis, perception of body segments, their dimensions, reception part of motor control and motor functions such as coordination and body posture.

Methodology: We realized correlation study with 18 subjects. Each person attended one hour assessment, measurement and following questionnaire. We used Shapiro-Wilk test, Kendall tau-c correlation coefficient and Mann-Whitney U test for statistical analysis.

Results: We found statistically significant correlations among proprioception of upper and lower limbs ($\tau = 0.38$, $p = 0.031$), age and body pose ($\tau = 0.42$, $p = 0.019$), age and balance system ($\tau = 0.35$, $p = 0.026$). Further we found out analogies of body axis visualization and body parts where a subject has a leisure.

Conclusions: The study looks into topic of self-image, body scheme, it's perception and relations among respective aspects, it tries to quantify them and open space for further research in the field of body scheme perception relations to motor functions.

Keywords: self-image, body scheme, perception

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracoval samostatně, a že jsem použil výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Potvrzuji, že tištěná i elektronická verze v Studijním informačním systému UK je totožná.

V Praze dne 31. 7. 2021

Jan Procházka

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval své vedoucí PhDr. Aleně Herbenové za vedení bakalářské práce, její podněty, připomínky a také trpělivost, když bylo nutné změnit téma nejdříve kvůli mým zdravotním problémům a potom kvůli situaci s COVID19. Stejně tak bych rád poděkoval Mgr. Heleně Gogelové za spolupráci, podněty a za vytvoření lekcí Feldenkraisovy metody, které jsme bohužel kvůli změně tématu nemohli využít. Dále děkuji své ženě a dceři, které mi poskytovaly čas a podporu po celou dobu. Na závěr bych rád poděkoval i lidem, kteří souhlasili z účastí na studii.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Teoretická část.....	2
2.1. Self-image.....	2
2.1.1. Self-image jako součást self-conceptu.....	2
2.1.2. Self-image podle Feldenkraise.....	5
2.2. Body scheme.....	6
2.2.1. Čítí.....	7
2.3. Body image.....	10
2.4. Vztah tělesného schématu, body image a motorických funkcí.....	12
3. Praktická část.....	14
3.1. Cíl práce.....	14
3.2. Kritéria výběru probandů.....	15
3.3. Použité testy.....	15
3.3.1. Forestierova fleche.....	15
3.3.2. Unterbergerova zkouška.....	16
3.3.3. Vyšetření stoje na dvou vahách.....	16
3.3.4. Vyšetření taxy na horních končetinách (prst – nos).....	16
3.3.5. Polohocit horních končetin.....	17
3.3.6. Polohocit dolních končetin.....	17
3.3.7. Odhad tělesných proporcí (chodidlo, bérce a ramena).....	17
3.3.8. Ostrost vnímání zápěstí, kotníků a prstů.....	18
3.3.9. Představa osy těla dělící tělo na levou a pravou polovinu.....	18
3.4. Měření.....	19
3.4.1. Výsledky testů.....	19
3.4.2. Statistické zpracování.....	22
4. Diskuze.....	28
4.1. Limity.....	30
5. Závěr.....	31
6. Literatura.....	32
7. Přílohy.....	35
7.1. Statistické hypotézy.....	35
7.1.1. Testy normality.....	35
7.1.2. Korelace.....	35
7.1.3. Testy rozdílů mediánů.....	35
7.2. Seznam obrázků.....	37
7.3. Naměřená data.....	38

1. Úvod

Pohybová terapie je jedním ze základních pilířů fyzioterapie. Abychom mohli nabídnout pacientům co nejlepší kvalitu pohybové rehabilitace, je potřeba zjistit, co vlastně potřebují, kde mají slabiny, které jdou zlepšit. Jednou z oblastí je samotné řízení pohybu.

Pro většinu lidí je pohyb samozřejmostí, o které nemusí ani přemýšlet nebo se jí zabývat. Určitě je to dobrý způsob, jak se vyhnout přehlčení spoustou informací typu – kde se při nároku při chůzi zrovna nachází palec u nohy a kde by měl za chvíli být. Ve skutečnosti se pod úrovní našeho vědomí odehrává složitý proces řízení pohybu, který spojuje nepřeborné množství informací, na jejichž základě se pohyb mění tak, aby postupoval k aktuální cíli, kvůli kterému se vlastně hýbeme. Při řízení pohybu je potřeba brát v úvahu aktuální umístění a stav jednotlivých částí těla, v jakém psychickém rozpoložení se nacházíme, jak vypadá naše okolí, jaké máme pohybové schopnosti a mnoho dalších aspektů.

Jednou ze základních schopností ve vztahu k pohybu je právě schopnost zajišťovat informace, které poskytnou řízení pohybu možnost pohyb kvalitně kontrolovat. Zároveň poruchy této schopnosti jsou velmi časté. Podle Koláře (2007, s. 14) *„Úroveň, resp. poruchy somatognozie a stereognozie, jsou jednou z hlavních příčin chronických hybných poruch“*.

V této práci se budeme zabývat získáváním informací pro řízení pohybu, jejich reprezentací v tělesném schématu, vnímáním samotného tělesného schématu a vztahem k motorickým funkcím. V praktické části popíšeme provedenou studii, kde jsme se snažili kvantifikovat vnímání tělesného schématu, motorické funkce a najít mezi nimi souvislosti.

Naší motivací jsou zkušenosti z Feldenkraisovou metodou a jejími vlivy na pohyb a jeho vnímání. Ve fyziotereapeutické praxi pak vnímáme, že pacienti mají velký prostor pro rozšíření pohybového repertoáru oproti jejich současnému stavu.

2. Teoretická část

V teoretické části přiblížíme koncepty vnímání vlastního těla z různých úhlů pohledu. Tělesné schéma, self-image a vnímání jsou pojmy, které se užívají napříč obory a někdy s nimi autoři zachází více či méně volně, popřípadě se na ně dívají z různých úhlů pohledu. Bude tedy třeba tyto a příbuzné pojmy vymezit a vysvětlit z jaké pozice se na ně díváme my. Zároveň popisy jednotlivých konceptů by měli načrtnout komplexnost a šíři tématu. Bude nutné při vyhodnocování a interpretaci výsledků v praktické části dbát na to, že vztahy mezi aspekty tělesného schématu a motorických jsou multifaktoriální, od strukturálních, přes funkční až po psychické a sociální faktory.

2.1. Self-image

Pojem self-image se přiblížíme ve dvou náhledech. Jeden vychází z oboru psychologie, jedná se v tomto případě o součást self-conceptu. Druhý náhled popíšeme z pohledu Moshé Feldenkraise, který vyvinul Feldenkraisovu Metodu, jejíž cílem je zlepšit sebeuvědomění pohybem a tím zefektivnit propojení mezi hlavou a tělem.

2.1.1. Self-image jako součást self-conceptu

Zjednodušeně řečeno self-conceptem je vše co lze odpovědět na otázku „Kdo jsem a jaký chci být?“. Součástí je vnímání vlastního chování, svých zkušeností a fyzických a psychických rysů i vlastností a zároveň srovnání se představou, jaký chci být. Self-concept si lze představit jako kolekce pozorování typu „jsem vysoký“, „cítím brnění na chodidle“, „nemám rád zimu“, „občas bývám cholerický“ nebo „snažím se být dobrou matkou“. Dá se rozdělit do tří následujících základních kategorií (Baily, 2003; Rogers, 1959).

Self-image

Self-image obsahuje subjektivní vnímání svého těla, jeho proporcí a vjemů, které z něj přijímáme. Další součástí je vnímání fyzických vlastností jako kondice, otužilost nebo vnímání osobnostních charakteristik jako temperament, schopnost snášet stres nebo náladovost. V neposlední řadě do pojmu self-image lze zařadit i sociální role typu student, otec, dělník, vyznavač určitého politického přesvědčení, člen fotbalového týmu nebo ten, kdo organizuje výlety do hor s kamarády. Self-image nemusí nutně odpovídat realitě. Porucha self-image může být jednou z příčin mentální anorexie (zároveň spojená s poruchou self-esteem, viz dále). (Baily, 2003; Rogers, 1959).

Ideální já

Představa, jaký bych jako člověk chtěl být. Může se jednat o představu mého společenského postavení, mé fyzické kondice nebo představa jak bych měl reagovat na své prostředí. Jinak řečeno ideální vize self-image.

Self-esteem

Self-esteem, jinými slovy self-worth nebo sebehodnocení, vyjadřuje hodnocení svého obrazu. Závisí samozřejmě na self-image samotném, na představě svého ideálního já a jedná se vlastně o rozpor mezi nimi (Rogers, 1959).

Argyle (2008) označuje 4 hlavní faktory, které ovlivňují self-esteem:

- reakce ostatních lidí
- skupina, se kterou se porovnáváme
- prestiž naší sociální role
- do jaké míry se identifikujeme s ostatními, kteří zastávají naše přesvědčení

Role rodičů hraje nezastupitelnou roli při utváření self-esteem. Pokud rodiče chovají k dítěti bezpodmínečnou lásku, má dítě nejlepší předpoklady mimo jiné

i pro to, aby si v dospělosti neutvářelo silnou závislost sebehodnocení na tom, jak ho hodnotí okolí (Coopersmith, 1967).

Self-awareness

Vedle self-conceptu je ještě užitečné se zmínit o self-awareness. Self-awareness lze popsat jako proces vnímání sebe sama. Z psychologického pohledu se jedná o pozornost nasměrovanou k sobě (Silvia, 2001). Tímto způsobem lze vnímat například své morální standardy, svůj vliv na akce, které vykonáváme, a tím pádem i na rozhodnutí, která činíme s ohlednutím na své morální pozice.

Self-awareness se mění s tím, jak se vyvíjíme. Rochat (2003) popsal 5 vývojových stádií:

- zmatení – dotyčný považuje svůj obraz v zrcadle pouze jako součást svého prostředí
- rozeznání – je schopen se identifikovat v zrcadle a rozeznat svůj pohyb od pohybu v okolí
- situování – je schopen spojit si dění v zrcadle s pocity, které sám vnímá
- identifikace – dokáže rozeznat, že obraz v zrcadle je obrazem sebe sama
- permanence – dokáže rozeznávat sebe v průběhu času, na kresbách, fotkách, ne jenom v zrcadle, kde vidí svůj aktuální stav
- self-consciousness – dokáže na sebe a situace, ve kterých se nachází, pohlížet z pozice třetí osoby a uvědomuje si, že může být součástí vnímání ostatních

Spekuluje se, že neurobiologický základ self-awareness se nachází v sekundární somatosenzitivní oblasti ve spolupráci se zrcadlovými neurony v ostatních částech mozku jako primární somatosenzitivní oblast, premotorický kortex a další (Bretas et al., 2021). Zrcadlové neurony se aktivují pokud dotyčný vykoná určitou činnost a zároveň se aktivují ty samé neurony i v případě, že vidí, jak stejnou činnost vykonává někdo jiný (Rizzolatti, 2004).

V somatické oblasti se uplatňuje propiocepce, interocepce a další vjemy podrobněji popsané v sekci o tělesném schématu níže. Propriocepce zajišťuje vnímání svalového tonu, nastavení kloubů, rovnováhy, registruje změny poloh těla a jeho částí. Interocepce zajišťuje vnímání informací přicházejících

z vnitřních orgánů, jako například hlad, žízeň, tlukot srdce, napětí močového měchýře a podobně.

2.1.2. Self-image podle Feldenkraise

Uvádíme zde i pohled Feldenkraise (1990), protože jeho představa self-image je pro naše téma práce užitečnější pro mapování vztahů mezi motorickými funkcemi a vnímáním tělesného schématu. Ve Feldenkraisově pojetí jsou součástí self-image čtyři základní koncepty:

- pohyb
- pocit
- emoce
- myšlenka

Výše uvedené koncepty slouží k tomu, aby člověk mohl provést jakoukoliv akci. Akce je myšlena v širším slova smyslu, může se jednat o vědomý cíl jako chycení předmětu do ruky nebo se může jednat o částečně vědomou akci jako dýchání nebo i podvědomou a třeba i někdy nechtěnou akci jako rozzlobení se. Každý z uvedených základních konceptů se při každé akci uplatňuje v menší nebo větší míře. Aby se člověk pohnul, je potřeba aby využíval informace ze svých smyslů ať už vědomě nebo nevědomě, přičemž samotné využití informace je ovlivněno emocemi nebo přemýšlením. Pro projev rozzlobenosti je třeba zaujmout nějakou posturu a navázat určitý prostorový vztah s objektem zloby, pokud je přítomný, popřípadě si ho v mysli vizualizovat. Feldenkrais (1990) dokonce vztahuje všechny uvedené koncepty i na senzorické vnímání – jako například sluch, zrak nebo hmat. Argumentuje tím, že k tomu aby člověk viděl, musí existovat podnět (ať už vnitřní nebo z okolí), který ho motivuje, aby zrak smysluplně nebo cíleně uplatnil.

Vývoj

Self-image není statický, prochází vývojem krátkodobým – když člověk chytí kladivo za topůrko, získá jiný pocit a informaci než když nadržívá v ruce nic. Vývoj může být i dlouhodobý z pohledu ontogeneze. Kojenec bude mít výrazně jiný self-image než dospělý jedinec. Zároveň dva dospělí lidé budou mít rozdílný self-image, záleží na jejich zkušenostech, schopnostech, ale

i na postoji aktuálního nebo kulturního okolí, se kterým se ztotožňují, a na které je navázáno jejich sebehodnocení. Tudiž s okolím je spojena i motivace k různým činům ovlivňujícím self-image.

Vnímání

Vnímání sebe sama souvisí s používáním svých schopností. Čím více například zpěvák trénuje svůj hlas, tím více si je vědom souvislosti prostoru v ústní dutině, toho co slyší a dechu. Jednoduchým testem a motivací pro přemýšlení o vnímání uvádí Feldenkrais odhad šířky vlastní pusy. Při odhadování šířky vlastní pusy se zavřeným očima se bude lišit, když šířku budeme ukazovat na jedné ruce mezi palcem a ukazováčkem, nebo když šířku ukážeme za pomoci ukazováčků obou rukou. Otázkou je na čem záleží náš správný odhad a proč se může lišit u obou možností, když měříme část našeho obličeje, kterou používáme denně, rukama, které taktéž používáme denně?

Podle Feldenkraise (1990) je systematická úprava self-image efektivnější, než opravování jednotlivých akcí, jejichž provedení není (například z motorického hlediska) optimální. Přirovnává to ke hře na rozladěné piano – bude efektivnější ho naladit, než snažit se na něm změnit prstoklad a dynamiku, aby člověk nehrál falešně. Podobně mimo jiné hovoří i Kolář (2007, s. 13). Kdybychom dále rozšířili analogii s pianem, prvním krokem k nápravě je vůbec poznat, že piano je rozladěné nebo že slyšíme falešné tóny. Toto poznání v konceptu self-image má přinášet právě vnímání těla a akcí, které mohou být kandidáty vhodné k opravě nebo vylepšení.

2.2. Body scheme

Tělesné schéma (body scheme) je mentální, většinou nevědomou, reprezentací stavu našeho těla. Jedná se o souhrn senzorických informací a z toho vycházející reprezentace tělesných částí a jejich lokalizace a orientace v prostoru (Gallagher, 1986). Řadí se sem i procesy, který takový model vytvářejí. Jinak řečeno součástí tělesného schématu jsou nejen samotné receptory, informující o svých modalitách ale i části centrální nervové soustavy, které informace z receptorů sestavují do mentálního tělesného modelu. Podle (Holmes, 2004) je tělesné schéma velmi úzce spjata s aktuálním blízkým okolím dotyčného, kam v danou chvíli může dosáhnout a integruje do sebe nástroje, které aktuálně používáme (kladivo, hůl, vidlička, a pod.). Z části i díky potřebě integrace nástrojů, který dotyčný chce použít, je tělesné schéma velmi plastické a velmi rychle se přestaví do podoby, kdy je

do tělesného schématu zaintegrovan i nástroj, který reálně součástí vlastního těla není (Martel et al., 2016).

Reprezentace tělesného schématu na neurobiologické úrovni není vůbec zřejmá. Neexistuje žádné centrální místo v CNS, které by tělesné schéma zpracovávalo, ale každá část tělesného schématu se zpracovává jinde a výsledná mentální reprezentace je tedy integrací těchto součástí. Jednotlivé okrsky přísluší tělesným segmentům, lze tedy například najít místo, kde se vyhodnocuje část tělesného schématu pro prsty. Každý takovýto okresek zpracovává a integruje informace ze všech dostupných typů receptorových modalit jako propiocepce, taktilní cití, zrak a další (Maravita, 2003).

Raimo et al. (2021) zkoumali vývoj mentálních reprezentací v průběhu života jedince. Zjistili, že kvalita reprezentací stoupá zhruba do počátku dospělosti, víceméně stagnuje v produktivním věku a klesá od počátku stáří. To je zřejmě očekávaný výsledek, důležitý je ale fakt, že se jedná o samotnou kvalitu mentální reprezentace, nejenom sníženou receptorových funkcí, jako například zhoršování zraku. Vývoj tělesného schématu je v dětství ovlivněn i tím, do jaké míry věnují rodiče dětem svou pozornost. Oldroyd et al. (2019) ukázali, že čím více se rodiče o své děti zajímají, tím lepší kvalitu interocepce pak děti mají.

2.2.1. Čití

Čití tvoří zásadní část tělesného schématu. Kvalita cití se dá jednoduše testovat, toho se využívá v každodenní fyzioterapeutické praxi. V naší studii nám cití a jeho vyšetření bude sloužit jako náhled na tělesné schéma, konkrétně z jak kvalitních informací je mentální model těla sestavován.

Mechanocepce

Základním typem vjemů, které registrují mechanoreceptory je dotyk, tlak a vibrace. Rozdíl mezi dotykem a tlakem je v hloubce registrování podnětu, dotyk se týká kůže, tlak tkání uložených hlouběji. Uvádíme zde stručný popis některých mechanoreceptorů (Guyton, 2006; Fontana et al., 2021).

- Meissnerova tělíska jsou nervová zakončení, jehož nervová vlákna omotávají a procházejí skrz klubička z pojivové tkáně. Nejcitlivěji reagují na pohyb objektů po povrchu kůže a na vibrace nízkých frekvencí do 50 Hz. Nej hustěji jsou rozmístěná na neochlupených částech kůže.

- Merkelovy disky se vyskytují na celém povrchu kůže. Oproti Meissnerovým tělískům mají vyšší práh citlivosti a po aktivaci stále vysílají signál, pokud je dotyk stále přítomen (registrují například držení nástroje v ruce).
- Ruffiniho tělíska reagují nejen na deformaci, protažení tkání, ale i na teplo. Jejich rozvětvená nervová vlákna se nachází v kůži po celém těle. Na rozdíl od Meissnerových tělísek mají nízký práh adaptace.
- Paciniho tělíska snímají vibrace vyšších frekvencí, velmi rychle se adaptují. Nachází se jak na povrchu, tak v hlubokých tkáních.
- Volná nervová zakončení se také účastní mechanocepce. Jsou citlivé na hmatový vjem a mají podíl na pocitu svědění.

Termocepce

Tepelné čítí je zajištěno třemi typy termoreceptorů. První typ, Krauseho tělísko, reaguje na chlad, na teploty nižší než 38 °C. Druhý, Ruffiniho tělísko, se aktivuje v případě vyšší teploty, v rozmezí 30 – 40 °C. Třetí typ reaguje na příliš vysokou teplotu a způsobuje bolestivý vjem. Vyskytují se v podkoží a měří tedy teplotu podkožní tkáně. Početně 3 – 10 krát převládají receptory na chlad. Při teplotách pod 40 °C se receptory adaptují, nad zmíněnou hranici již ne a tepelné podněty mohou začít být vnímány bolestivě (Guyton, 2006).

Nocicepce

Nociceptory reagují na mechanické, tepelné nebo chemické podráždění, jehož příčina je schopna vyvolat nebo vyvolává poškození tkání. Nedokáží se adaptovat. Všechny typy nociceptorů vyvolávají pomalou bolest, kdy se aktivují až 1 vteřinu po začátku působení podnětu. Rychlou bolest dokáže vyvolat pouze nociceptor reagující na mechanický podnět, rychlost jeho aktivace se blíží k 0.1 vteřiny (Guyton, 2006; Fontana et al., 2021).

Propriocepce

Proprioceptivní vjemy zahrnují informace z receptorů ve svalech, šlachách, fasciích a zprostředkovávají nám polohocit a pohybocit. Tedy jak máme nastavené tělesné segmenty a jak se jejich pozice mění.

Svalová vřeténka registrují protažení svalu. Jsou uložena paralelně s ostatními svalovými vlákny a díky tomu s tím, jak se mění protažení svalu, mění se i protažení vřeténka. Dokáží detekovat jak rychlé (anulospirální nervová zakončení), tak pomalé (tonická nervová zakončení) protažení. Při detekci protažení, vyšlou signál do míchy k příslušného alfa-motoneuronu, který nazpět aktivuje příslušný sval, aby přizpůsobil délku vlastnímu svalovému vřeténku. Svalové vřeténko může i aktivně změnit svoji délku, přes příjem signálu z gama-motoneuronu. Při takovéto změně délky svalového vřeténka se aktivuje systém vřeténko – alfa-motoneuron popsany výše. Tímto mechanismem (alfa-gama koaktivace) se řídí svalový tonus a kontrakce svalu. (Rokyta et al., 2015)

Golgiho šlachová tělíska se nachází ve šlachách svalů a registrují sílu tahu svalu. Aktivují se jak nadměrným protažením nebo zkrácením. Kromě samotné informace o síle tahu svalu zároveň inhibičně působí na alfa-motoneuron vlastního svalu a chrání tak sval před poškozením.

Ve fasciích se nachází až 6 krát více receptorů než ve svalech (Schliep, 2017). Všechny receptory ve fasciích zajišťují mechanocepci, jedná se o Golgiho, Ruffiniho, Paciniho tělíska a intersticiální receptory. Fasciální receptory se nachází i ve viscerálních ligamentech (Schliep, 2021).

Interocepce

Interocepce zajišťuje viscerální vjemy, které může dotýčný popisovat pojmy jako hlad, žízeň, malátnost, nevolnost, tlukot srdce apod. Podrobný popis interoceptorů přesahuje rozsah této práce. Pro naše účely je důležitý fakt, že zasahují do vnímání tělesného schématu potažmo do motorických funkcí. Kvalita motorických funkcí bude zcela jiná u člověka, který je malátný než ten, který pociťuje pouze slabou žízeň (Koukolík, 2012).

Vestibulární aparát

Vestibulární aparát se podílí spolu se zrakem a propiocepcí na zajišťování rovnováhy v prostoru (Rokyta et al., 2015).

- Pro rozpoznání úhlového zrychlení hlavy slouží tři polokruhovitě kanálky, navzájem na sebe kolmé tak, aby pokryly všechny tři prostorové dimenze. Kanálky jsou naplněny endolymfou. Ta se při rotačním pohybu

rozproudí, podráždí vláskové buňky a od nich se vzruch přenáší dále ke zpracování.

- Vertikální přímočaré zrychlení je zajištěno shlukem vláskových buněk, maculou, která se nachází v sacculu. Řasinky těchto buněk jsou uspořádány horizontálně a kolem nich jsou přítomné otolity, které při vertikálním zrychlení vláskové buňky dráždí a ty po excitaci vyšlou informaci dále do centrálního nervového systému.
- Horizontální přímočaré zrychlení zajištěno podobně jako vertikální. Pouze jsou vláskové buňky umístěny v utriculu a jsou uloženy vertikálně.

Telecepce

Pro úplnost uvádíme, že informace pro tělové schéma jsou zajišťovány i dálkovým čítím, konkrétně smysly zrak, sluch a čich. Jak jsme uvedli výše, zrak má roli v zajišťování rovnováhy spolu s propriocepcí a vestibulárním aparátem.

2.3. Body image

Body image je vědomým obrazem našeho těla, jak vnímáme jeho velikost, tvar a všechny vjemy, které z něj přicházejí (Longo et al., 2009). Oproti tomu tělesné schéma jsou spíše informace z receptorů, které podvědomě zpracováváme a vytváříme prostorový model svého těla. Jedním aspektem vztahu k našemu vlastnímu tělu je právě jeho vnímání. Opět to lze ukázat na člověku s mentální anorexií, kdy dotyčný může mít představu, že jeho tělo je tlustší než jaká je realita. Body image je tedy fyzickou a součástí self-image (Baily, 2003).

Aspekty kvality vnímání vlastního těla, somatognozie, můžeme měřit. Vybíráme některé gnostické funkce s popisem vyšetření.

Polohocit

Polohocit vyjadřuje schopnost člověka vnímat vzájemné změny polohy tělesných segmentů. Pro vyšetření polohocitu může sloužit postup, kdy nastavíme končetinu do zvolené pozice. Vyšetřovaný si pozici zapamatuje,

poté polohu končetiny změníme a poprosíme testovaného, aby dal stejnou končetinu do zapamatované pozice. Popřípadě se může využít končetina na druhé straně namísto stejnostranné. Polohocit se vyšetřuje s vyloučením zrakové kontroly (Kolář et al., 2021; Han et al., 2016).

Pohybocit

Pohybocit se uplatňuje při rozlišování jemných změn úhlů v kloubech. Testuje se pomalým pasivním pohybem v různých rychlostech. Vyšetřovaný má za úkol co nejdříve signalizovat, že pohyb registroval. Stejně jako polohocit se pohybocit vyšetřuje s vyloučením zrakové kontroly (Han et al., 2016).

Topognozie

Topognozie je schopnost rozpoznat taktilní podněty na kůži. Často se testuje na zádech, kdy kreslíme vyšetřovanému na záda písmena nebo číslice a dotyčný se je snaží číst (Kolář et al., 2021).

Stereognozie

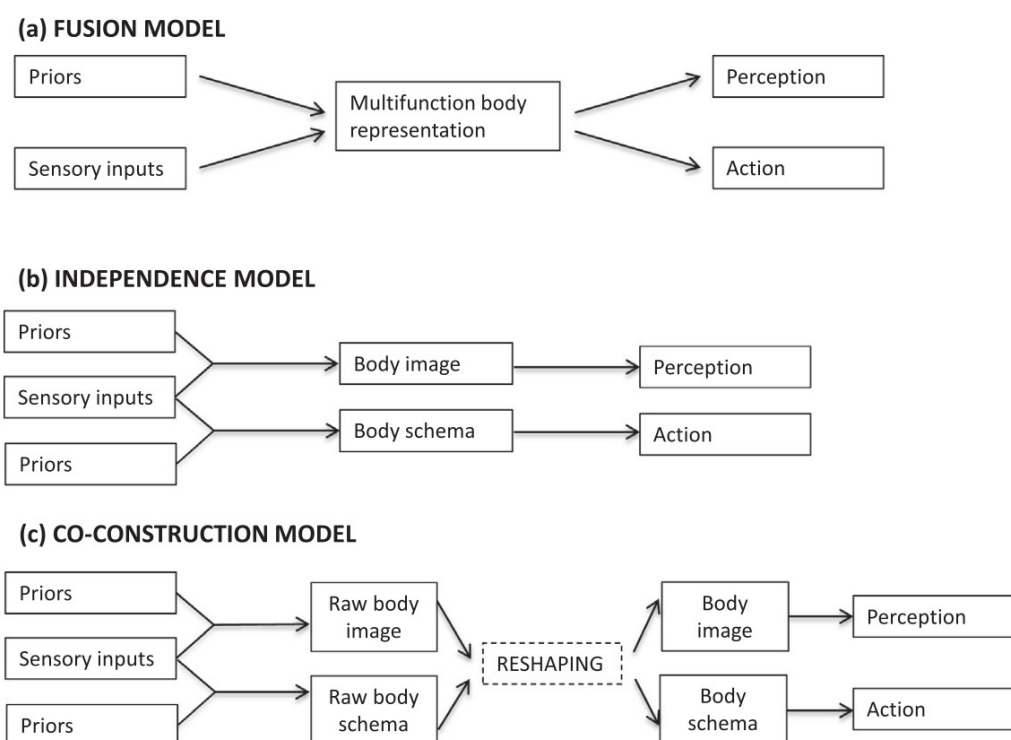
Stereognozie je schopnost vnímat a rozpoznat tvar, velikost, hmotnost, teplotu a další kvality předmětu, který vložíme vyšetřovanému do ruky nebo předmět na něj položíme. Test probíhá samozřejmě s vyloučením zraku (Kolář et al., 2021).

Odhady velikostí tělesných segmentů

Odhad velikosti tělesných segmentů indikuje jak přesná reprezentace odhadované části v body image je. Jednoduchým testem je velikost dotazovaného segmentu ukázaná mezi ukazováčky a následné porovnání se skutečnou velikostí (Kolář et al., 2021; Kolář, 2007).

2.4. Vztah tělesného schématu, body image a motorických funkcí

Existují různé teorie a modely, jak nahlížet souvislosti a interakce mezi tělesným schématem a jeho vnímáním (Pitron, 2017). Na obr. 1 jsou znázorněny dva, které v literatuře převládají („fusion“ a „independence“) a třetí, který autoři navrhují. Fusion model hovoří o jednotné reprezentaci tělesného schématu a jeho vnímání. Oproti tomu independence model popisuje tělesné schéma a body image jako dvě rozdílné reprezentace, které spolu nijak neinteragují. Pouze mají společné somatosenzorické vstupy a zabudované předpoklady typu, že zápěstí je od centra těla topologicky vzdálenější než loket. Třetí, navrhovaný co-construction model, je do jisté míry spojením obou předchozích. Jak body image tak tělesné schéma mají rozdílné funkční reprezentace, ale mají možnost mezi sebou interagovat a ovlivňovat se – model tělesného schématu, ovlivňuje to, jak vnímáme své tělo (body image).



obr. 1: Modely interakce mezi body image a tělesným schématem podle Pitron (2017)

Motivací pro vznik co-construction modelu byly případy, které se nedaly vysvětlit ani jedním z původních modelů. Lippman (1952) popisuje případ ženy se syndromem Alenky v říši divů (Alice in wonderland syndrome), která před migrénou cítila jak se při chůzi pohybuje velmi těsně nad zemí a připadala si

velmi malá. Tuto iluzi nedokázalo zrušit ani vědomí, že takhle malá nemůže být a ani samotný pohyb, který probíhal bez jakýchkoliv problémů. Nabízelo by se, že by mohla začít dělat velké kroky jako kompenzace vnímané menší velikosti, aby ušla stejnou vzdálenost na stejný počet kroků. Jinak řečeno body image bylo v tu chvíli porušené, ale tělesné schéma fungovalo správně. Toto pozorování odporuje fusion modelu. Na druhou stranu nejsou neobvyklé fantomové končetiny, které vznikají po amputaci. Člověk fantomovou (tedy amputovanou a neexistující) vnímá jako reálnou a i přes vědomí, že o končetinu přišel, může vnímat pohyby a dokonce i dotyk. Longo et al. (2009) popisují známou iluzi gumové ruky (rubber hand illusion). Pokud má člověk protézu místo amputované ruky, může vnímat dotyk na protéze. V případě, že se druhá osoba současně dotkne zdravé ruky a protézy, člověk s amputací může cítit oba dva doteky, tedy i na protéze. Pokud se druhá osoba dotkne nejdříve zdravé ruky a poté protézy, člověk s amputací zpravidla cítí pouze první dotek na zdravé ruce. Fantomové končetiny nedokáže independence model jednoduše vysvětlit, protože v jejich případě je porušeno body image i tělesné schéma stejným způsobem. Autoři v (Pitron, 2017) přicházejí s kombinovaným modelem, který dokáže popsat oba výše uvedené hraniční případy.

Z našich osobních zkušeností a z popisu zkušeností lidí, kteří dochází na lekce Feldenkraisovy metody nebo je vedou, můžeme potvrdit že podobné, ale daleko jemnější iluze (a je otázka zda se jedná opravdu pouze o iluzi) se běžně odehrávají právě při aplikování Feldenkraisovy metody. Jedná se o metodu, která uvědomělými a řízeným pohyby rozšiřuje o nové pohybové vzory a oprašuje již nepoužívané. Pro více informací o této metodě odkazujeme na (Feldenkrais 1990; Feldenkrais, 1996; Oswaldová 2017). Jedním z příkladu takovýchto iluzí je vnímání jedné poloviny těla jako delší než druhé. Iluze může nastávat po pár minutovém cvičení, kdy dotyčný leží na zádech s pokrčenými končetinami, chodily pohodlně opřeny s patami kousek od zadku. Dlaně natažených rukou jsou spojeny před obličejem. Dotyčný pak rukama otáčí na jednu stranu a doprostřed a zkoumá, jaké další pohyby může dělat nebo co může zapojit nebo uvolnit, aby přenášení natažených rukou bylo snazší a plynulejší. Typicky může zapojit rotaci hlavy, hrudní kosti, pohled očí, přítlak jednoho či druhého chodidla, otočit dechové fáze nebo zaintegrovat centrum těla do pohybu jiným způsobem než je zvyklý.

3. Praktická část

3.1. Cíl práce

Úkolem praktické části bakalářské práce je prozkoumat a kvantifikovat vztahy mezi vybranými prvky tělesného schématu, body image a motorickými funkcemi navzájem mezi a mezi sebou. Jako souhrnný pojem pro vyšetřované prvky budeme používat self-image ve Feldenkraisově pojetí, ale jsme si vědomi, že netestujeme celou šíři self-image (například neuvažujeme psychické a sociální faktory). Jedná se o:

- polohocit horních (HK) a dolních končetin (DK)
- rovnováha
- držení těla
- posun těžiště
- taxe na horních končetinách
- odhad tělesných proporcí
- představu osy těla

V návrhu studie jsme se snažili, aby případné výsledky mohly být uplatněny přímo v praxi při práci s pacienty. Volili jsme testy z výše uvedených aspektů self-image takové, které by reprezentovaly vybrané oblasti (polohocit, základní mozečkové funkce a pod.). Jediný test určitě nemůže být kompletní reprezentací dané oblasti nebo funkce, vážili jsme reprezentativnost testu, časovou náročnost a praktičnost testování (není potřeba speciální vybavení a je možné případné vztahy testovat a využívat v běžné fyzioterapeutické praxi).

V souhrnu bychom tedy mimo jiné chtěli odpovědět na následující otázky:

- Jaké vztahy se dají najít mezi prvky self-image měřenými vybranými testy?
- Lze najít souvislost věku a testovaných částí self-image?
- Do jaké míry jsme vůbec schopni self-image měřit?

3.2. Kritéria výběru probandů

Pro zařazení do studie jsme nastavili následující kritéria:

- dochází na rehabilitaci
- lidé s nespecifickou bolestí šíje, bolestí hlavy (ne pravou migrénou), mírnou bolestí beder, hrudní nebo krční páteře
- věkové rozmezí 30 – 65 let
- přibližně rovnoměrné zastoupení mužů a žen

Jedním z důvodů výběru konkrétních věkových limitů bylo, aby člověk byl v produktivním věku a určitý čas prožil v pracovním prostředí. Věkový rozsah je vcelku široký, na druhou stranu nám to umožňuje zkoumat vztahy mezi věkem a měřenými veličinami / schopnostmi.

3.3. Použité testy

Téměř všechny testy probíhaly se zavřenýma očima, aby se vyšetřovaný dokázal lépe soustředit a nebyl rozptylován vizuálními podněty. Některá vyšetření jsme testovali z povahy věci ve stoje a některá v leže.

3.3.1. Forestierova fleche

Forestierova fleche je jednoduché vyšetření předsunutého držení hlavy. Měří se kolmá vzdálenost mezi protuberantia occipitalis externa a zdí, u které vyšetřovaný stojí s propnutými koleny (Haladová, 2005). V ideálním případě by se člověk měl dotýkat hlavou v místě protuberantia occipitalis externa zdi a vzdálenost je tedy nulová (Kolář et al., 2021). Čím je vzdálenost větší, tím je větší předsunuté držení hlavy a pro naše účely to slouží jako indikátor kvality držení trupu – každá odchylka od optimálního zakřivení páteře v hrudní nebo krční oblasti je kompenzována i v ostatních částech páteře.

3.3.2. Unterbergerova zkouška

Unterbergerova zkouška je neurologické vyšetření testující přítomnost poškození vestibulárního aparátu a dalších systémů ovlivňujících rovnováhu. Vyšetřovaný minutu pochoduje na místě v předpažení a se zavřenýma očima (Kolář et al., 2021). Po uplynutí času měříme úhel, o který se vychýlil od původního směru a vzdálenost do původního místa, ze kterého začal pochodovat. Jako pozitivní test se bere výchylka od původního směru větší než 45° (Zang, 2011). My jsme tuto hranici nijak nebrali v úvahu, abychom získali spojitě rozložené dat. Při provádění testu jsme s vyšetřovaným vedli konverzaci a během ní se pohybovali, aby se proband nemohl v prostoru orientovat podle zvuku. Tento test slouží pro naše účely jako jednoduchá indikace kvality rovnovážného systému.

3.3.3. Vyšetření stoje na dvou vahách

Vyšetření stoje na dvou vahách (Lewitt, 2003) testuje rozložení tělesné váhy ve frontální rovině. Druhů příčin, proč by člověk měl mít nerovnoměrné rozložení může být více – často se takto zajišťuje ochranná kompenzace těla na poranění na dolních končetinách, kompenzuje se různá délka dolních končetin, může ho způsobovat blokáda hlavových kloubů (Velé, 1997) a pod. Velmi často si dotýčný o tom, že má rozloženou tělesnou váhu nerovnoměrně, vůbec není vědom. Pro naše účely tento test poslouží jako informace o laterálním posunu těžiště a pravděpodobné přítomnosti kompenzace nebo blokády, která vychýlení těžiště způsobí.

3.3.4. Vyšetření taxe na horních končetinách (prst – nos)

Jedním z neurologických vyšetření taxe na horních končetinách je přiložení špičky ukazováčku na špičku nosu. Vyšetřovaný ve stoji se zavřenýma očima upaží nataženou horní končetinu a obloukem se na jeden pokus snaží zastavit těsně před nosem nebo jemně dotknout ukazováčkem nosu (Haladová, 2005). Abychom výsledek testu kvantifikovali, hodnotili jsme konečnou vzdálenost špičky ukazováčku a špička nosu. Dále jsme ještě hodnotili kvalitu provedení, zda není přítomen třes. Ten se může být po celé dráze pohybu nebo se zvětšovat s přibližováním prstu k nosu (intenční třes, mozečkové nároky na řízení se stupňují na konci pohybu, takže to může sloužit jako ukazatel mozečkové poruchy). Tento test nám tedy sloužil jako příznak kvality funkce mozečku. Je třeba podotknout, že se třes může objevovat po celé délce pohybu například při Parkinsonově chorobě – v takovém případě ovšem daný člověk neprošel výběrovými kritérii do studie.

3.3.5. Polohocit horních končetin

Polohocit popisuje schopnost člověka vnímat nastavení tělesných segmentů vůči sobě. Jedním z příkladů je rozpoznání jemných odchylek v úhlech, které svírají klouby na končetinách. Zařadili jsme testování polohocitu u horních i dolních končetin. Vyšetřovaný začíná ve stoji se zavřeným a očima. Umístíme mu ukazováček, tak aby byly všechny klouby na končetině (včetně kořenových a kromě intrafalangeálních kloubů) mimo své neutrální postavení – vyšetřovaným byla nastavena paže do 30° addukce, 30° flexe v rameni, loketní kloub do 120° flexe a zápěstí do mírné ulnární dukce s mírnou extenzí. Potom jsme poprosili vyšetřovaného, aby vrátil končetinu do původního uvolněného postavení a opětovně ji přiblížil do pokud možno té samé pozice, do které jsme mu končetinu nastavili. Pak jsme měřili vzdálenost konce ukazováčku mezi pozicí námi nastavenou a pozicí odhadnutou probandem (Kolář et al., 2021; Kolář, 2007). Nijak jsme nebrali v úvahu, zda vyšetřovaný při odhadu nastavil končetinu do stejné pozice, šlo nám pouze o výše uvedený rozdíl původní a nově zaujaté pozice. Bylo by nepřesné a komplikované vyhodnocovat i nastavení segmentů.

3.3.6. Polohocit dolních končetin

Analogicky k polohocitu horních končetin probíhalo měření polohocitu dolních končetin. Místo měření délky mezi pozicí ukazováčku jsme měřili vzdálenost mezi pozicí palce. Kyčelní kloub jsme nastavili do 45° flexe, 30° addukce, kolenní kloub do 30° flexe a hlezenní kloub do mírné plantární flexe a inverze. Pro zajištění stability stoje na jedné noze se mohli testovaní přidržovat rukou vedlejší stěny.

3.3.7. Odhad tělesných proporcí (chodidlo, bérce a ramena)

Jedním z testů vnímání tělesných proporcí je odhad velikosti tělesných segmentů. V našem případě jsme využili k testování délku chodidla od konce paty po nejdelší prst (Haladová, 2005), Vždy se jednalo o palec nebo ukazováček. Délku bérce jako vzdálenost mezi maleolus lateralis a kloubní štěrbinou kolene jako v (Haladová, 2005). Dále jsme využili šířku ramen, tedy vzdálenost nejlaterálnějších částí deltových svalů. Vyšetřovaného jsme požádali, aby se zavřenýma očima naznačil velikost daného tělesného segmentu ukazováčky tak, aby vzdálenost mezi ukazováčky odpovídala velikosti dotazované části těla. Při testování velikostí chodidla a bérce měl vyšetřovaný ukázat vzdálenost horizontálně (vodorovně), při testování šířky

ramen, byla vzdálenost ukazována na výšku (svisle). Změřené odhady jsme pak porovnali se skutečnými délkami. Toto vyšetření by mělo sloužit k přiblížení toho, jak přesný má dotazovaný mentální obraz svého těla.

3.3.8. Ostrost vnímání zápěstí, kotníků a prstů

V tomto testu jsme se zaměřili na schopnost vyšetřovaného přitáhnout pozornost ke svému tělu a do jisté míry kvantitativně ohodnotit ostrost vnímání vybraných tělesných segmentů. Test probíhal vleže na zádech se zavřenýma očima a volně nataženými končetinami. Pak jsme požádali probanda, aby slovně porovnal ostrost vnímání svého zápěstí a palce na jedné ruce – aby zhodnotil jak přesně a jasně dokáže pozorností dané části těla lokalizovat a rozlišit. Následně jsme se dotázali na to samé, pouze na rozdíl vnímání palce a prsteníčku u té samé končetiny. Ve výsledku měl dotazovaný udat na kolik procent cítí jasně prsteníček a palec za předpokladu, že jasnost vnímání zápěstí je 100%. Test jsme pak opakovali u druhé končetiny a analogicky u dolních končetin, jen místo zápěstí se proband soustředil na oblast kotníků. Je zřejmé, že tento test je výrazně subjektivnější než ostatní, přesto jsme ho zkusili kvantifikovat. Pozorování a porovnávání tohoto typu se praktikují v lekcích jógy nebo Feldenkraisovy metody. Zařadili jsme je do souboru vybraných testů, protože chceme zjistit, zda výsledky této jednoduché metody mohou mít měřitelný vztah k rovnováze a dalším měřeným aspektům tělesného schématu, pro případné další využití pro hodnocení kvality vnímání tělesného schématu.

3.3.9. Představa osy těla dělí tělo na levou a pravou polovinu

Poslední test se odehrával opět vleže na zádech se zavřenýma očima a končetinami volně položenými na podložce. Dotazovaný si měl představit osu těla, od čela až mezi kotníky, půlící tělo na levou a pravou stranu rovnoměrně – tedy osu těla ve frontální rovině. Vyšetřovaný si mohl vybrat v jakém místě v sagitální rovině si osu představí. Pak jsme se vyšetřovaného dotázali, aby nám osu popsál, jestli ji vnímá jako rovnou přímku a zda-li ji v každém místě vnímá jasně a ostře. Tento test jsme vybrali, protože se stejná představa používá v lekcích Feldenkraisovy metody, ke kontrole svého těla před a po vykonání série vědomých pohybů, které mají za úkol ozřejmit a rozšířit pohybové vzorce a jejich vnímání. Jednoduchým příkladem takovýchto pohybů může být vleže na zádech otáčení hlavy doprava, při současném přesunutí zraku doleva, natočením hrudní kosti doprava a následném pomalém

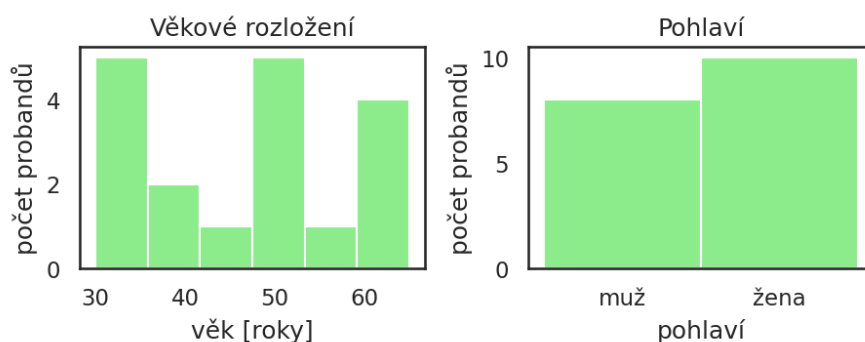
a soustředěném střídání stran najednou (Feldenkrais, 1990; Feldenkrais 1996;).

3.4. Měření

Všechna měření probíhala v rozmezí jednoho měsíce ve stejném prostředí fyzioterapeutické ordinace. Nejprve byli vyšetřovaní podrobeni standardní anamnéze, poté následovaly testy ve stoje a nakonec vleže. Posléze se pokračovalo základním kineziologickým rozbořem. Kineziologický rozbor byl zařazen na konec, aby neovlivňoval měření. Současně s anamnézou měl poskytnout základní představu o vyšetřovaném člověku. Vždy byl kineziologický rozbor přizpůsoben konkrétnímu jedinci, jeho stavu a zdravotním problémům. Celý proces trval zhruba jednu hodinu u každého probanda.

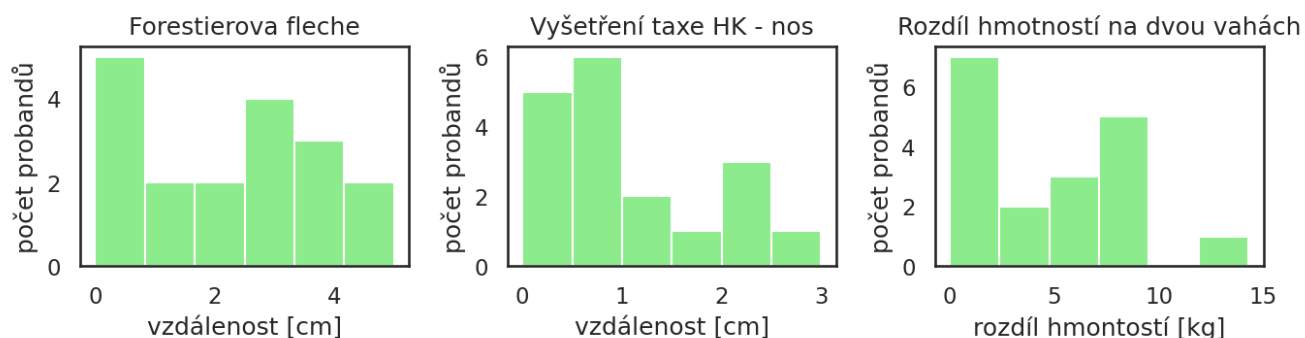
3.4.1. Výsledky testů

Celkem bylo vyšetřeno 18 osob s průměrným věkem kolem 47.8 ± 13.1 let, 8 žen a 10 mužů, viz obr. 2.



obr. 2: Věkové rozložení, počty mužů a žen

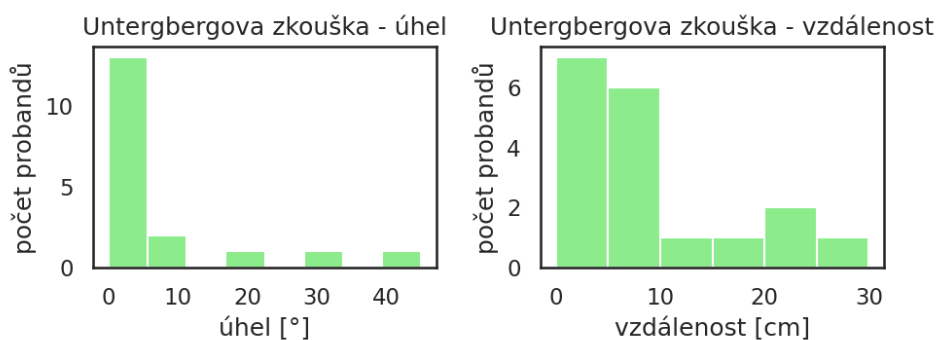
Všichni absolvovali veškerá naplánovaná měření. Jedněmi ze základních, běžně používaných, vyšetření byly Forestierova fleche (průměr 2.2 ± 1.6 cm), vyšetření taxy horní končetiny (průměr 2.2 ± 1.6 cm) a změření relativního rozdílu hmotností vůči své celkové váze (průměr 4.4 ± 3.9 %) při vážení na dvou vahách. Výsledky jsou uvedeny ve formě histogramů jednotlivých měření na obr. 3.



obr. 3: Výsledky měření Forestierovy fleche, taxe HK a hmotnosti na dvou vahách

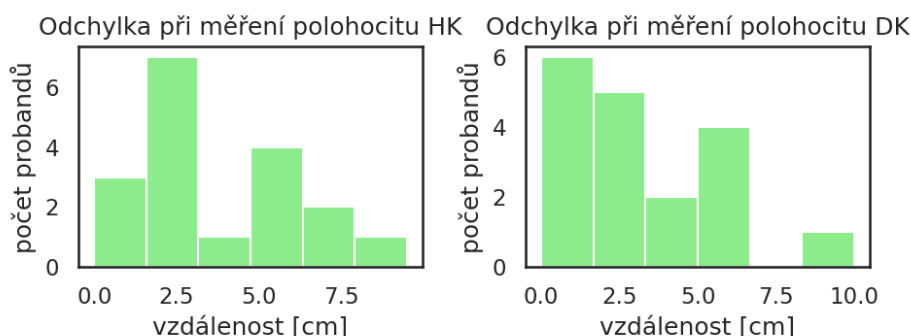
Během měření Forestierovy fleche bylo třeba vyšetřované upozorňovat, aby si stoupli ke stěně v postoji, který je jim přirozený. Často měli tendenci stát v pozoru a silou tlačit hlavu ke zdi, popřípadě extendovat krční páteř, aby se i hlavou dotkli stěny.

Při Unterbergově testu, obr. 4, většina vyšetřovaných neměla problémy udržet stejný úhel na začátku a na konci 20 vteřinového pochodování (oproti oficiální verzi jsme test zkrátili z praktických důvodů). Naprostá většina testovaných, pokud se posunula z počátečního místa, tak dopředu. Pouze jedna osoba zacouvala o 5 cm nazpět. V grafu na obr. 4 a při počítání korelací jsme uvažovali absolutní hodnoty odchylky od počátečního místa. Průměrná odchylka od výchozí pozice byla 7.9 ± 10.1 cm a průměrný úhel $4.5 \pm 13^\circ$.



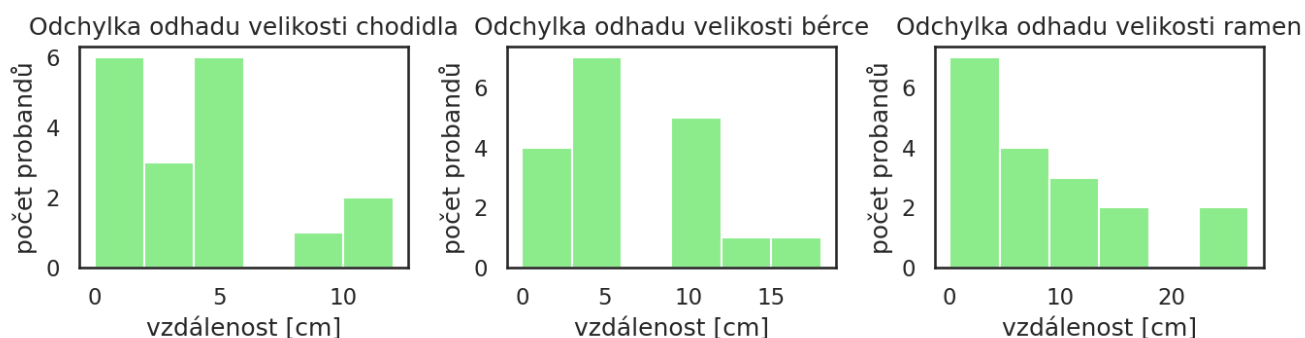
obr. 4: Výsledky měření Unterbergerova zkoušky

V testech polohocitu na horních končetinách jsme oproti našemu očekávání naměřili, obr. 5, větší průměrnou odchylku od odhadovaného nastavení končetiny od cílové pozice než na dolních končetinách (průměrné odchylky změřeny na 3.5 ± 2.1 cm na horních končetinách a 2.4 ± 1.7 cm na dolních končetinách). Jinými slovy testovaní dokázali lépe odměřovat zapamatovanou pozici dolními končetinami než horními. Toto pozorování ovšem za použití jednostranného Mann-Whittney U testu, na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ není statisticky významné ($p = 0.53$).



obr. 5: Výsledky testování polohocitu na HK a DK

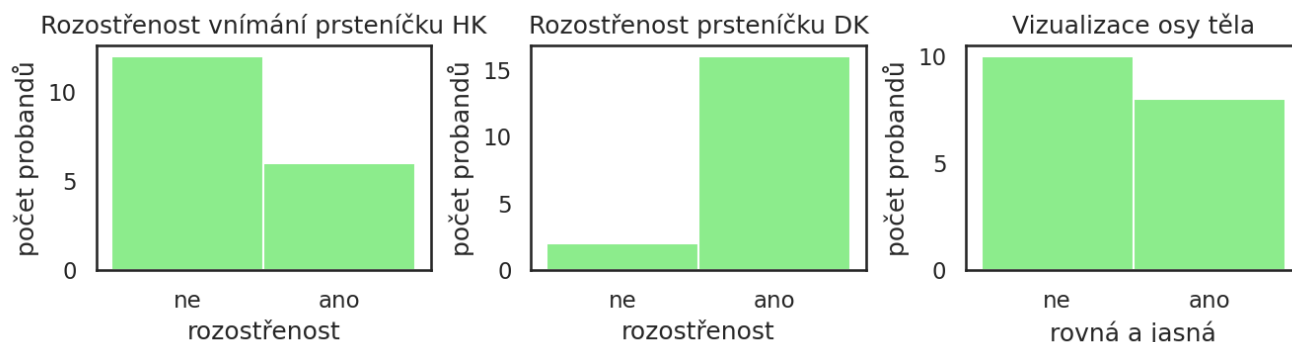
Další skupinou měření bylo odhadování velikosti tělesných segmentů (odchylka odhadu chodidla 4.3 ± 3.8 cm, odchylka odhadu bérce 5.9 ± 4.4 cm, odchylka odhadu ramen 10.8 ± 8.5 cm), rozložení naměřených hodnot lze na lézt na obr. 6. Většina testovaných osob při dotázání na odhad nezáváhala ani chvíli a hned odhadnutý rozměr ukázala. Menší část probandů přemýšlela 5 až 10 sekund. Nakonec se ukázalo, že odchylka těch, kteří o rozměru déle přemýšleli je větší než ostatních. Tento fakt vyplynul až během sbírání dat a nemáme přesná data, která by to kvantifikovala.



obr. 6: Odhadování velikosti tělesných segmentů

Velmi subjektivními testy z celé série byl popis vnímání částí těla jako zápěstí, kotníky, palce a prsteníčky. Někteří vyšetřovaní se ujišťovali v tom, co po nich vlastně žádáme, z počátku si nedokázali představit přesunout pozornost na jednu nebo druhou část těla a porovnat, kterou vnímají jasněji. Ve všech případech ale po dalším vysvětlení bez problému popsali, jak vše vnímají. Ti, kteří popisovali vnímání (například kotníku) jako jasné, odpověděli velmi rychle a sebevědomě. Naopak, kdo popisoval rozmlžené, neostře vnímání, odpověděl až po delší době. Nebylo překvapivé, že jasnost vnímání prsteníčku na ruce byla daleko větší než ostrost vnímání prsteníčku na noze. Celkově 33% dotázaných uvedlo, že cítí větší rozmlžení prsteníčku oproti palci na HK a 89% na DK. Po dalších dotazech se ukázalo, že 2 testovaní lidé, kteří

na noze vnímali prsteníček stejně jasné jako palec, umí relativně dobře separovat pohyby prstů navzájem od sebe.



obr. 7: Vnímání částí těla a jeho osy

Posledním testem z této skupiny byl popis představy osy těla, jak ji vyšetřovaní vnímají. 46% dotazovaných uvedlo, že osu těla vidí jako jasnou a rovnou přímku. Ostatních 54% popisovalo osu těla různými způsoby, námtkou parafrázujeme některé popisy:

- oblouk typu C v celém trupu
- vlnka v oblasti kyčle
- čára běžící od levého oka k pravému kotníku
- rovná od nohou až ke krku, od něj se zvedá nahoru ke stropu
- menší oblouk v oblasti hrudní páteře, tam je i méně jasná

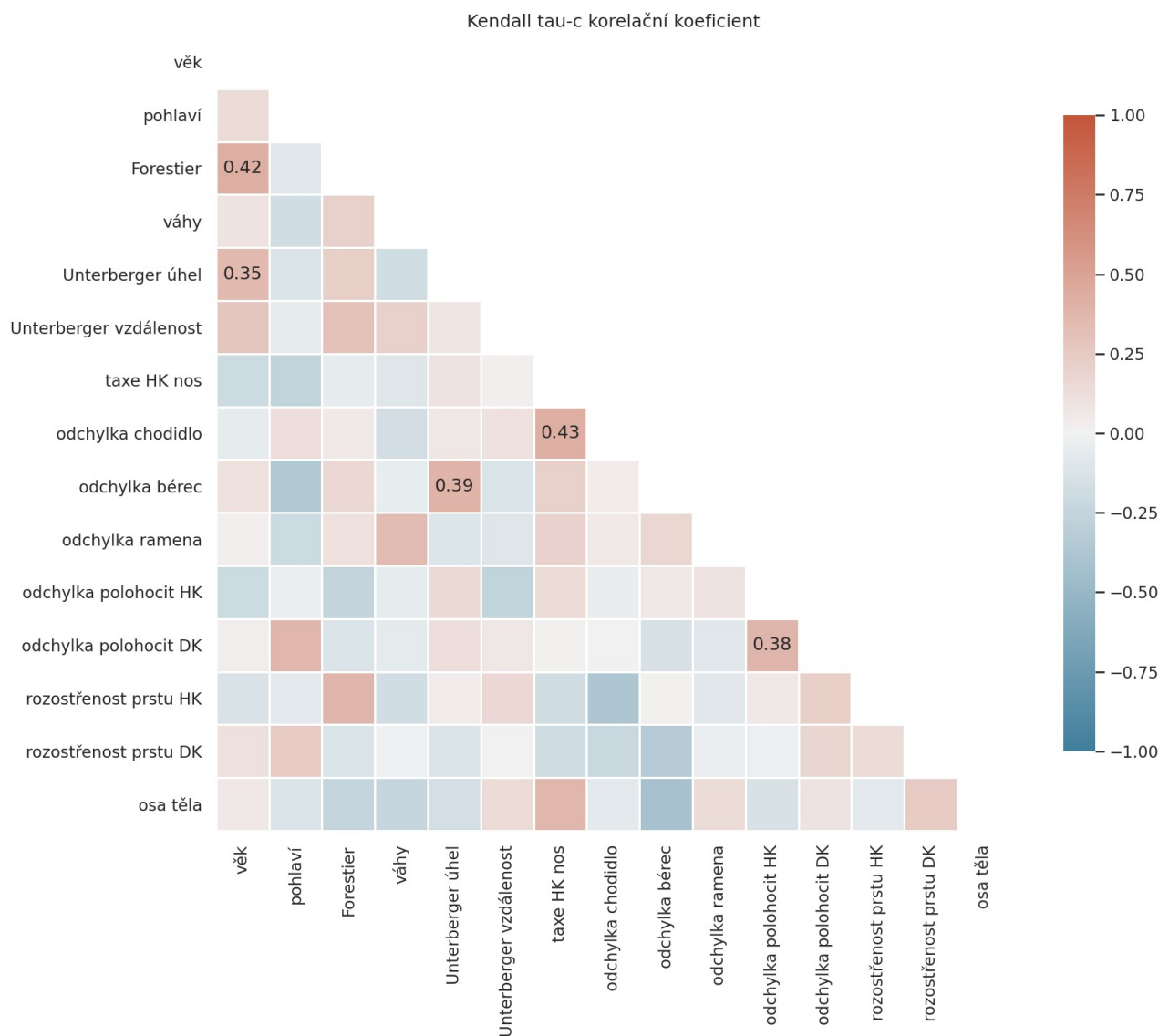
Při anamnéze, vyšetření nebo následné terapii (která již není součástí této práce) se většinou ukázalo, že popisované odchylky od představy ostré osy těla mají reálný základ ve zdravotních problémech dotyčného. Například „vlnka“ v oblasti kyčle se demonstrovala menší pohyblivostí jedné kyčle a pravděpodobně s tím spojených problémů s bederní páteří nebo oblouk v oblasti hrudní páteře se demonstroval diagnostikovanou spondylózou v hrudní páteři. Kvantitativní shrnutí výsledků tří výše popisovaných testů lze shlédnout na obr. 7.

3.4.2. Statistické zpracování

Abychom zjistili, jaké testy a sledované veličiny spolu souvisejí, využili jsme Kendall tau-c korelace mezi jednotlivými veličinami, protože většina

naměřených veličin neodpovídala normálnímu rozdělení dle Shapiro-Wilk testu. Navíc jsme v takto malé skupině chtěli lépe pracovat s odlehlými hodnotami, než abychom je jednoduše odstranili. Statistické hypotézy pro testy korelačních koeficientů a další podrobnosti uvádíme v sekci Přílohy.

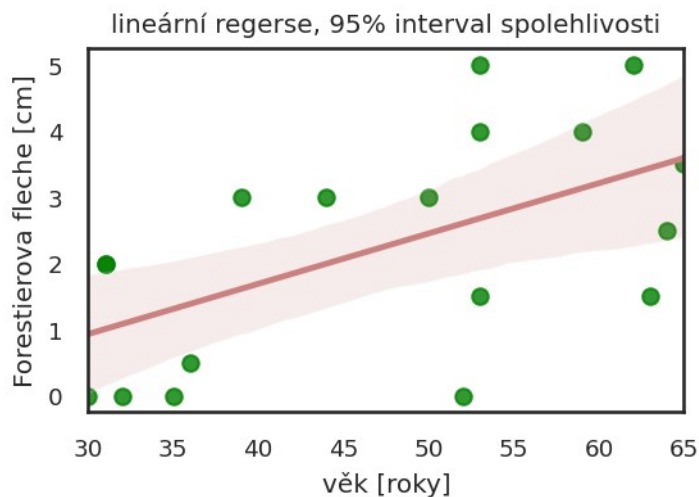
Výsledky prezentujeme ve formě korelační matice na obr. 8. Pro přehlednost a snazší interpretaci korelací jsme při výpočtu korelační matice použili měřené veličiny tak, aby vždy platilo, že nižší hodnota je přijatelnější než vyšší. Ve smyslu že menší rozostřenost vnímání nebo menší chyba v odhadu rozměrů tělesných segmentů nebo menší odchylka v zatížení dvou vah je pro člověka „lepší“. U reprezentace vnímání osy těla jsme přiřadili 0, pokud osa byla vnímána jako jasná a rovná přímka, pokud ne přiřadili jsme 1. V případě pohlaví jsme kategorii muž označili 0 a kategorii žena 1.



obr. 8: Kendall tau-c korelace mezi naměřenými veličinami. Čím více je políčko červené tím více jsou veličiny v řádku a sloupci pozitivně korelovány, čím více je políčko modré, tím je antikorelace větší. Statisticky významné korelace ($\alpha = 0.05$) jsou označeny svou hodnotou ve svém políčku, jinak je políčko prázdné.

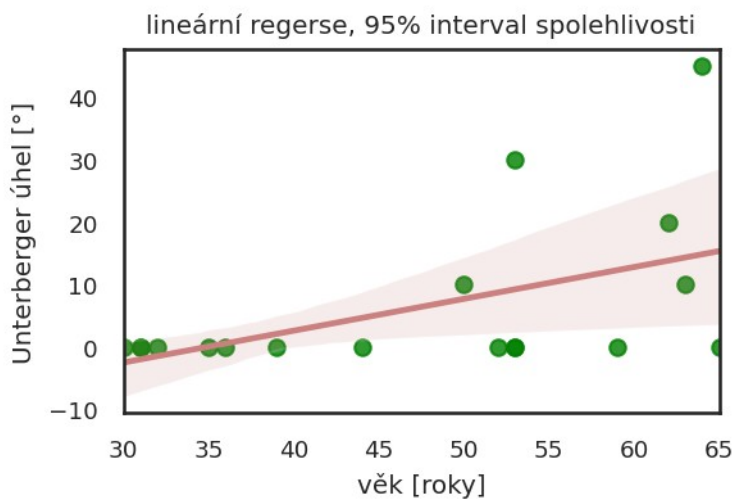
Na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ jsme našli pouze 5 statisticky významných korelací:

1. korelace Forestierova fleche s věkem



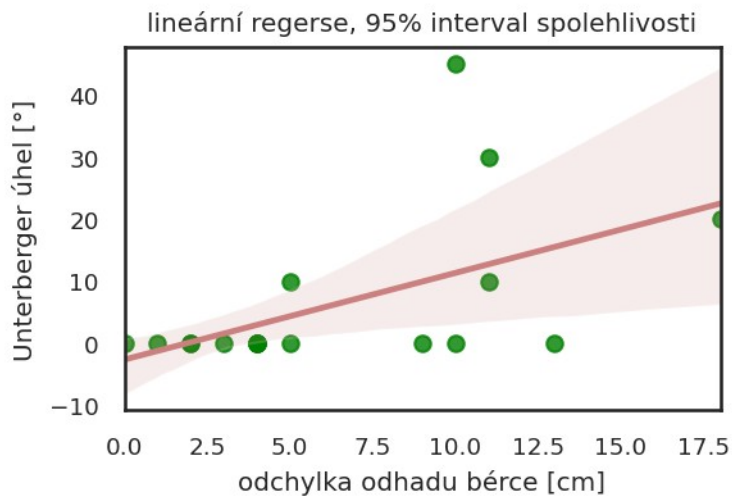
obr. 9: pozitivní korelace Forestierova fleche s věkem ($\tau = 0.42$, $p = 0.019$)

2. korelace úhlu při Unterbergerově zkoušce s věkem



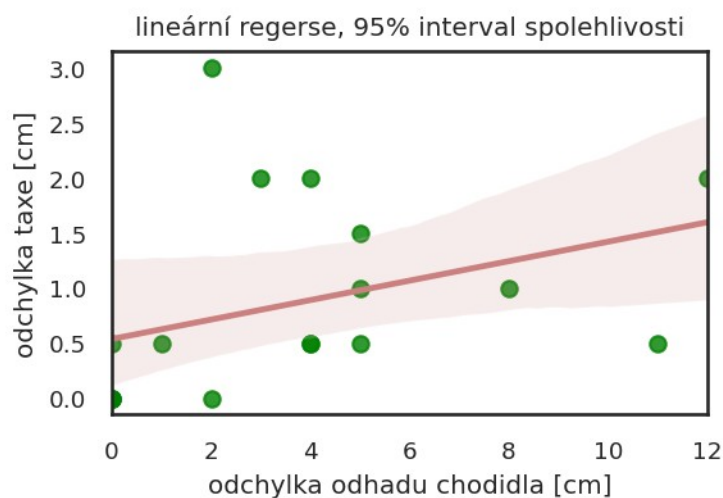
obr. 10: pozitivní korelace úhlu při Unterbergerově zkoušce s věkem ($\tau = 0.35$, $p = 0.026$)

3. korelace úhlu při Unterbergerově zkoušce s odchylkou při odhadu délky bérce



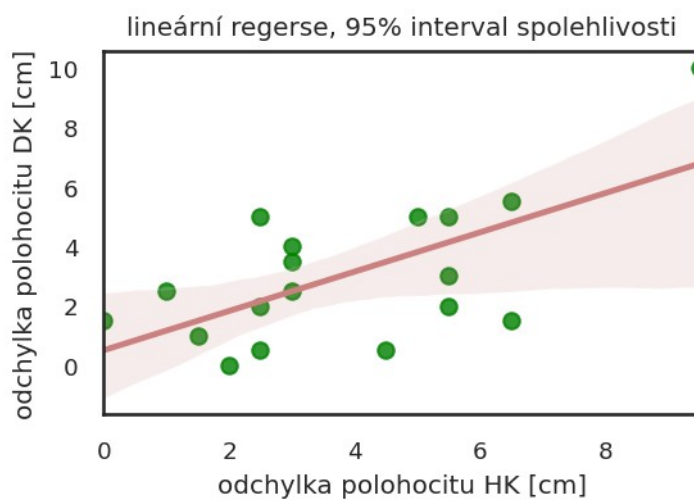
obr. 11: pozitivní korelace úhlu při Unterbergerově zkoušce s odchylkou při odhadu délky bérce ($\tau = 0.39$, $p = 0.013$)

4. korelace testu taxy horních končetin pozitivně s odchylkou při odhadu délky chodidla



obr. 12: pozitivní korelace testu taxy horních končetin s odchylkou při odhadu délky chodidla ($\tau = 0.43$, $p = 0.020$)

5. korelace kvality polohocitu horních končetin s kvalitou polohocitu dolních končetin



obr. 13: pozitivní korelace kvality polohocitu horních končetin s kvalitou polohocitu dolních končetin ($\tau = 0.38$, $p = 0.031$)

4. Diskuze

Na začátku praktické části jsme si položili 3 otázky, na které jsme se snažili nalézt odpověď.

Jaké vztahy se dají najít mezi prvky self-image měřenými vybranými testy?

Statisticky významné vztahy, které jsme se pokusili interpretovat:

- Forestierova fleche je pozitivně korelovaná s věkem ($\tau = 0.42$, $p = 0.019$)

Interpretace tohoto zjištění je vcelku zřejmá, s přibývajícím věkem se mění kvalita držení těla, svaly jež ji drží spíše ochabují a tudíž se to může projevit na uvedeném testu.

- úhel při Unterbergerově zkoušce je pozitivně korelovaný s věkem ($\tau = 0.35$, $p = 0.026$)

Podobně jako předchozí zjištění, interpretace může být přímočará, s postupujícím věkem kvalita rovnovážného ústrojí se snižuje. Nutno ovšem dodat, že výsledky tohoto testu budou ovlivněny i dalšími faktory jako třeba kvalita zásahů mozečku do motorického řízení nebo svalové dysbalance, které mají větší šanci se uplatnit vzhledem k delším času na jejich vytvoření ve vyšším věku. Popřípadě zde může hrát roli i s věkem klesající kvalita reprezentace tělesného schématu, jak popisují (Raimo et al., 2021).

- kvalita polohocitu horních pozitivně koreluje s kvalitou polohocitu dolních končetin ($\tau = 0.39$, $p = 0.013$)

Tento výsledek může souviset s tím, že pro člověka existuje celkové nastavení kvality polohocitu (nebo alespoň pro ruce a nohy), které může být změněno v důsledku např. léze (tuto skutečnost jsme ovšem netestovali). Otázkou je, jak by globální nastavení kvality polohocitu obstálo s faktem, že neexistuje jedno centrální místo reprezentace tělesného schématu (Maravita, 2003).

Vztahy, ke kterým se nám nepodařilo nalézt interpretaci jsou

- pozitivní korelace úhlu odchýlení při Unterbergerově zkoušce s odchylkou odhadu délky bérce od skutečnosti
- pozitivní korelace testu taxy horních končetin s odchylkou odhadu délky chodidla.

U posledních dvou korelací nedokážeme výsledek interpretovat. Korelace byly počítány na 15 příznacích a datová sada jsou údaje od 18 lidí. Je větší pravděpodobnost, že se objeví statisticky významné korelace pouhou náhodou (a jsou tedy falešně pozitivní), než kdybychom používali méně příznaků nebo testovali více lidí. Neprováděli jsme korekci vícečetného porovnávání např. dle Bonferroni correction, protože bychom na druhé straně mohli minout skutečné korelace (vzrostl by false negative rate).

Lze najít souvislost věku a testovaných částí self-image?

Jak již bylo uvedeno v odpovědi na předchozí otázku, v naší studii se nám podařilo najít souvislost držení těla a rovnováhy s věkem. Což by mohlo mít souvislost i s popisovaným vývojem tělesného schématu v průběhu ontogeneze (Raimo et al., 2021). Podle našeho názoru, v souladu s definicí (Longo et al., 2009), je věk součástí body image, protože vnímáme jak jsme staří. Zároveň se promítá tělesného schématu tím, jak ovlivňuje cití, motoriku a samotné biologické struktury, které tělesné schéma vytváří.

Do jaké míry jsme vůbec schopni self-image měřit?

Některé části self-image, jako například vizualizace osy vlastního těla nebo vnímání tělesných segmentů, se nám podařilo změřit omezeně, protože hodnocení dotazovaných byla velmi subjektivní. Přesto se ukázaly zajímavé analogie jako ostrost vnímání částí těla s mírou jejich používání a jasnost, přímost osy těla v představě s reálnými problémy vyšetřovaných. Jedná se o souvislosti představy osy těla a míst, kde vyšetřovaný pociťoval problémy nebo souvislost mezi mírou používání části těla a jejího ostrého vnímání při přesunu pozornosti probanda právě na ni. Příkladem může být popis malého oblouku v hrudní páteři, kde je zároveň osa nejasná. Stejný člověk měl diagnostikovanou spondylózu v oblasti Th4 - Th5 a při kineziologickém rozboru

byla patrná mírná skolióza ve stejné oblasti. Tyto analogie jsme se nesnažili kvantifikovat, protože jsme je objevili až v průběhu studie.

4.1. Limity

Jsme si vědomi některých limitů této studie. Předně by bylo vhodné rozšířit skupinu probandů o více členů, protože jsme používali relativně více měření různých příznaků. Takže některé statisticky významné korelace tak mohly vzniknout náhodou a některé mohly zůstat skryty. Případně by se pak dal rozšířit soubor testů pro důkladnější ověření zkoumaných vlastností.

Další věcí je přesnost měření. Používali jsme jednoduché metody jako měření krejčovským metrem nebo například měření úhlu při Unterbergerově testu jsme využívali stupnici s rozlišením nejvíce 10°. Jednalo se o vědomé rozhodnutí, kdy jsme vážili časovou náročnost oproti praktičnosti měření. Vzhledem k tomu, že je tato studie pro nás širší náhled do problematiky, zvolili jsme více metod k testování, které budou jednodušší, abychom si udělali širší představu o možnostech měření.

5. Závěr

Během průběhu jednoměsíční studie, u které jsme zkoumali souvislosti mezi různými aspekty vnímání vlastního těla, jsme došli k následujícím výsledkům:

- Forestierova fleche pozitivně koreluje s věkem ($\tau = 0.42$, $p = 0.019$)
- úhel při Unterbergerově zkoušce pozitivně koreluje s věkem ($\tau = 0.35$, $p = 0.026$)
- úhel při Unterbergerově zkoušce pozitivně koreluje s odchylkou při odhadu délky bérce ($\tau = 0.39$, $p = 0.013$)
- test taxy horních končetin pozitivně koreluje s odchylkou při odhadu délky chodidla ($\tau = 0.43$, $p = 0.020$)
- kvalita polohocitu horních končetin koreluje s kvalitou polohocitu dolních končetin ($\tau = 0.38$, $p = 0.031$)

V průběhu studie jsme zaznamenali analogie představ vyšetřovaných o své ose těla a jejich zdravotních problémech.

Dalším uskutečněným záměrem bylo prozkoumat možnosti a získat zkušenosti při měření a kvantifikování subjektivních oblastí jako vnímání vlastního těla a odraz self-image navenek do oblasti, kterou můžeme pozorovat a interpretovat.

Pokračování práce by mohlo být zaměřeno pouze na velmi specifickou otázku typu „Jak souvisí představa osy těla a místa, která způsobují pacientům jejich zdravotní komplikace?“ a nalezení reálného využití odpovědi na ni. Nicméně problematika oblasti vnímání, tělesného schématu, self-image je velmi široká. Tato práce nám poskytla alespoň částečný vhled do problematiky vnímání vlastního těla a jeho souvislostí s motorickými funkcemi.

6. Literatura

1. Argyle M., 2008. *Social encounters: Contributions to social interaction*, Aldine Transaction, ISBN 9780202362915
2. Bailey J. A., 2003. *Self image, self-concept and self-identity revisited*, Journal of the National Medical Association 5/95, PMC2594523
3. Bretas R., Taoka M. et al., 2021. *Neural Evidence of Mirror Self-Recognition in the Secondary Somatosensory Cortex of Macaque*, Brain Sciences 2/11, DOI 10.3390/brainsci11020157
4. Coopersmith S., 1968. *The antecedents of self-esteem*, ISBN 978-0716709121
5. Feldenkrais M., 1990. *Awareness through movement*, HarperOne, ISBN 978-0-06-250322-0,
6. Feldenkrais M., 1996. *Feldenkraisova metoda*, 1. vydání, Pragma, ISBN 80-7205-058-3
7. Fontana J. et al. 2021. *Funkce buněk a lidského těla*, <http://fbt.cz/>, [online] 4. 8. 2021
8. Gallagher S., 1986. *Body image and body schema: A conceptual Clarification*, Journal of Mind & Behavior 4/7
9. Guyton A. C., Hall J. E., 2006. *Textbook of Medical Physiology*, 11. vydání, Saunders, ISBN 978-1-4160-4574-8
10. Haladová E., Nechvátalová L., 2005. *Vyšetřovací metody hybného systému*, 2. vydání, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, ISBN 80-7013-393-7
11. Han et al. 2016. *Assessing proprioception: A critical review of methods*, Journal of Sport and Health Science 1/5, DOI 10.1016/j.jshs.2014.10.004
12. Holmes N. P., Spence C., 2004. *The body schema and the multisensory representation(s) of peripersonal space*, Cognitive Processing 2/5, DOI 10.1007/s10339-004-0013-3
13. Ivanenko Y., Gurfinkel V. S., 2008. *Human Postural Control*, Frontiers in Neuroscience 171/12, DOI 10.3389/fnins.2018.00171
14. Kolář P., 2007. *Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce páteře – terapie*, Rehabilitační a fyzikální lékařství, 1/14

15. Kolář P. et al., 2021. *Základy klinické rehabilitace*, 2. vydání, Galen, ISBN 978-80-7492-509-2, 2021
16. Koukolík F., 2012. *Základy kognitivní, afektivní a sociální neurovědy: XVIII. Interocepce a emoční pozadí*, Praktický lékař 5/95
17. Lewitt K., 2003. *Manipulační léčba*, 5. vydání, Sdělovací technika, ISBN 80-86645-04-5
18. Lippman C. W., 1952. *Certain hallucinations peculiar to migraine*, The Journal of Nervous and Mental Disease, 4/116, DOI 10.1097/00005053-195210000-00009
19. Longo M. R. et al., 2009. *Self awareness and the body image*, Acta Psychologica 2/132, DOI 10.1016/j.actpsy.2009.02.003
20. Maravita A., 2003. *Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach*, Current Biology 13/13, DOI 10.1016/S0960-9822(03)00449-4
21. Martel M. et al., 2016. *Tool-use: An open window into body representation and its plasticity*, Cognitive Neuropsychology 1-2/33, DOI 10.1080/02643294.2016.1167678
22. McLeod S. A., 2021. *Self concept*, Simply Psychology, <https://www.simplypsychology.org/self-concept.html>, [online] 3. 8. 2021
23. Oldroyd K. et al., 2019. Social Antecedents to the Development of Interoception: Attachment Related Processes Are Associated With Interoception, Frontiers in Psychology, DOI 10.3389/fpsyg.2019.00712
24. Oswaldová P., 2015. *Feldenkrais, dech & hlas*, 1. vydání, Brkola, ISBN 978-80-905999-9-4
25. Pitron V., Vignemont F., 2017. *Beyond differences between the body schema and the body image insights from body hallucinations*, Consciousness and Cognition 53, DOI 10.1016/j.concog.2017.06.006
26. Raimo S. et al., 2021. *The Body across the Lifespan: On the Relation between Interoceptive Sensibility and High-Order Body Representations*, Brain Sciences 4/11, DOI 10.3390/brainsci11040493
27. Rizzolatti G., Craighero L., 2004. *The mirror-neuron system*, Annual Review of Neuroscience, 1/27, DOI 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
28. Rogers C. R., Koch S., 1959. *Psychology A Study Of A Science Volume 3 Formulations Of The Person And The Social Context*, McGraw-Hill, 1959
29. Rokyta R. et al., 2015 *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*, Grada, ISBN 978-80-247-4867-2

30. Schliep R., 2017. *Fascia as Sensory Organ: Clinical Applications*, Terra Rosa 20
31. Schleip R., 2021. *Fascia as a Sensory Organ: A Target of Myofascial Manipulation*, <http://axissyllabus.org/resources/fascia-as-a-sensory-organ>, [online] 4. 8. 2021
32. Silvia P. J., Duval T. S., 2001. *Objective Self-Awareness Theory: Recent Progress and Enduring Problems*, Personality and Social Psychology Review 3/5, DOI 10.1207/S15327957PSPR0503_4
33. Tajfel H., Turner J., 2001. *An integrative theory of intergroup conflict*, Psychology Press 94-109
34. Velé F., 1997. *Kineziologie pro klinickou praxi*, 1. vydání, Grada, ISBN 80-7169-256-5
35. Zhang Y., Wang, W., 2011. *Reliability of the Fukuda Stepping Test to Determine the Side of Vestibular Dysfunction*, Journal of International Medical Research, 4/39, DOI 10.1177/147323001103900431

7. Přílohy

7.1. Statistické hypotézy

7.1.1. Testy normality

Při testování, zda měřené veličiny pochází z normálního rozdělení, jsme využívali Shapiro-Wilkova testu normality. Statistické hypotézy jsme sestavili následovně:

- nulová hypotéza – měřená veličina pochází z normální distribuce
- alternativní hypotéza – měřená veličina nepochází z normální distribuce

7.1.2. Korelace

Pro zjišťování korelovaných veličin jsme využívali Kendall tau-c korelační koeficient a testování jeho statistické významnosti jsme použili aproximaci rozložení rozdílu shodných (concordant) a rozdílných (discordant) párů normálním rozdělením při výpočtu τ . Při porovnávání každé dvojice měřených veličin jsme vytvořili následující statistické hypotézy (příklad je uveden na testu korelace Forestierovy fleche s věkem):

- nulová hypotéza: Korelace (Kendall tau-c) Forestierovy fleche s věkem není statisticky významně rozdílná od 0
- alternativní hypotéza: Korelace (Kendall tau-c) Forestierovy fleche s věkem je statisticky významně rozdílná od 0

7.1.3. Testy rozdílů mediánů

Při porovnávání mediánů odchylek odhadu polohocitu na horních a dolních končetinách jsme využili jednostranného Man-Whitney U testu, kdy jsme statistické hypotézy nastavili takto:

- nulová hypotéza: medián odchylek odhadu polohocitu na horních končetinách se statisticky významně neliší od mediánu odchylek odhadu polohocitu na dolních končetinách
- alternativní hypotéza: medián odchylek odhadu polohocitu na horních končetinách se statisticky významně vyšší než mediánu odchylek odhadu polohocitu na dolních končetinách

7.2. Seznam obrázků

obr. 1: Modely interakce mezi body image a tělesným schématem.....	12
obr. 2: Věkové rozložení, počty mužů a žen.....	19
obr. 3: Výsledky měření Forestier. fleche, taxe a hmotnosti na dvou vahách...20	
obr. 4: Výsledky měření Unterbergerova zkoušky.....	20
obr. 5: Výsledky testování polohocitu na HK a DK.....	21
obr. 6: Odhadování velikosti tělesných segmentů.....	21
obr. 7: Vnímání částí těla a jeho osy.....	22
obr. 8: Kendall tau-c korelace mezi naměřenými veličinami.....	24
obr. 9: pozitivní korelace Forestierova fleche s věkem.....	25
obr. 10: korelace úhlu při Unterbergerově zkoušce s věkem.....	25
obr. 11: korelace úhlu při Unterbergerově zkoušce s odchylkou při odhadu délky bérce.....	26
obr. 12: korelace testu taxe HK s odchylkou při odhadu délky chodidla.....	26
obr. 13: pozitivní korelace kvality polohocitu HK s kvalitou polohocitu DK.....	27

7.3. Naměřená data

Přikládáme výsledky měření ve formě tabulky s daty. Protože se celá tabulka nevejde na jednu stránku, rozdělili jsme ji na dvě části.

proband	M/Ž	M/Ž	věk	Forestier [cm]	váhy [kg]			taxe [cm]	Unterberger			chodidlo [cm]			bérec [cm]			ramena [cm]		
					P	L	[%]		úhel [°]	vzdál. [cm]	abs	realita	měření	rozdíl	realita	měření	rozdíl	realita	měření	rozdíl
A	Ž	1	52	0	40	30	14,3	0	0	-5	5	23	23	0	42	38	4	43	41	2
B	Ž	1	62	5	39	40	1,3	0	20	5	5	28	28	0	64	46	18	44	41	3
C	Ž	1	31	2	26	27	1,9	3	0	0	0	25	23	2	40	36	4	39	50	11
D	Ž	1	30	0	29	28	1,8	1	0	5	5	26	18	8	41	44	3	42	40	2
E	M	0	53	4	40	45	5,9	1,5	30	15	15	27	32	5	42	53	11	47	48	1
F	M	0	50	3	55	50	4,8	0	10	0	0	28	28	0	50	45	5	48	43	5
G	Ž	1	64	2,5	32	32	0,0	2	45	5	5	24	12	12	43	33	10	39	46	7
H	M	0	63	1,5	50	53	2,9	2	10	5	5	28	32	4	38	49	11	50	65	15
I	Ž	1	32	0	35	35	0,0	0,5	0	0	0	23	12	11	41	39	2	40	40	0
J	Ž	1	65	3,5	30	35	7,7	0	0	20	20	25	23	2	39	39	0	42	50	8
K	M	0	35	0	35	41	7,9	0,5	0	0	0	26	26	0	42	47	5	45	69	24
L	M	0	31	2	34	36	2,9	1	0	0	0	27	32	5	49	62	13	44	71	27
M	Ž	1	53	1,5	30	30	0,0	0	0	0	0	25	25	0	39	37	2	39	42	3
N	Ž	1	59	4	46	55	8,9	0,5	0	0	0	25	30	5	51	41	10	41	58	17
O	M	0	53	5	35	40	6,7	0,5	0	20	20	26	22	4	43	44	1	44	51	7
P	M	0	44	3	38	45	8,4	2	0	10	10	29	26	3	46	42	4	45	54	9
Q	M	0	36	0,5	40	40	0,0	0,5	0	5	5	27	26	1	45	36	9	51	50	1
R	Ž	1	39	3	30	35	7,7	0,5	0	30	30	28	32	4	49	45	4	43	31	12

tabulka 1: První část tabulky s naměřenými daty, modře označené údaje jsou spočítané, ostatní jsou naměřené

proband	polohocit [cm]							zápěstí vs prsty [%]				kotník vs prsty [%]				střední čára	
	PHK	LHK	průměr	PDK	LDK	průměr	HK < DK	zápěstí	palec	prsteníček	rozostř.	kotník	palec	prsteníček	rozostř.	popis	rozostř.
A	4	2	3	3	4	3,5	1	100	100	100	0	100	100	60	1	jasná, rovná	0
B	5	0	2,5	0	1	0,5	0	100	100	80	1	100	100	60	1	jasná, rovná	0
C	6	7	6,5	1	10	5,5	0	100	100	90	1	100	100	70	1	nevidí nic	1
D	1	5	3	2	6	4	1	100	100	100	0	100	100	80	1	C oblouk v oblasti trupu	1
E	2	4	3	2	3	2,5	0	100	100	100	0	100	100	100	0	jasná, rovná	0
F	10	9	9,5	10	10	10	1	100	100	80	1	100	100	80	1	jasná, rovná	0
G	5	5	5	3	7	5	0	100	100	100	0	100	70	0	1	nevidí nic	1
H	5	6	5,5	3	3	3	0	100	100	100	0	100	100	0	1	vlnka v kyčli	1
I	6	5	5,5	1	3	2	0	100	100	100	0	100	100	90	1	jasná, rovná	0
J	5	0	2,5	0	10	5	1	100	100	100	0	100	100	70	1	od krku se zvedá ke stropu	1
K	4	9	6,5	0	3	1,5	0	100	100	100	0	100	100	70	1	směrem dolů uhybá doprava	1
L	4	5	4,5	0	1	0,5	0	100	100	100	0	100	100	100	0	jasná, rovná	0
M	3	2	2,5	4	0	2	0	100	100	100	0	100	100	80	1	nevidí nic	1
N	0	0	0	2	1	1,5	1	100	100	100	0	100	100	75	1	jasná, rovná	0
O	3	0	1,5	0	2	1	0	100	100	30	1	100	100	10	1	od L oka k P kotníku	1
P	2	2	2	0	0	0	0	100	100	100	0	100	100	60	1	uhnutí v oblasti břicha do P	1
Q	2	0	1	4	1	2,5	1	100	100	20	1	100	100	80	1	oblouk u hrudní páteře	1
R	7	4	5,5	7	3	5	0	100	100	80	1	100	100	80	1	jasná, rovná	0

tabulka 2: Druhá část tabulky s naměřenými daty, modře označené údaje jsou spočítané, ostatní jsou naměřené